Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 43-56

The Effect of Vitamin C and B Treatments on Button Mushroom Yield and Postharvest Life

S. Khosravi[1], M. Haghighi[2*], M. Mehnatkesh[3]

Received: 10-11-2020 Revised: 07-09-2021 Accepted: 04-12-2021 Available Online: 20-06-2022	**How to cite this article:** Khosravi S., Haghighi M., and Mehnatkesh M. 2022. The Effect of Vitamin C and B Treatments on Button Mushroom Yield and Postharvest Life. Journal of Horticultural Science 36(1): 43-56. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/JHS.2021.61967.0

Introduction

Agaricus bisporus is the important mushroom that is cultivated industrially and due to its medicinal properties, it has special nutritional importance in the food basket of the people of the world. It is predicted that with increasing population and changing consumption patterns, food will be one of the most critical issues in the country soon and protein poverty will be one of the most critical leading crises. Mushroom can be the best choice for the supply of essential human protein because they produce protein-rich foods using agricultural waste. Mushrooms are also rich sources of essential amino acids, vitamins (B_2, niacin and folate), and minerals. White button mushroom production accounts for about 35% of the total world production of edible mushroom. The production of edible mushroom (*Agaricus bisporus*) depends on planting, amount of spawn consumed, growing conditions, species and media of cultivated edible mushroom.

Material and methods

The present study aims to investigate the effect of vitamins B and C on growth, yield of button mushroom and its postharvest life. The study was performed in two separate experiments in the mushroom factory and storage. The experiment was performed in the mushroom factory located in Khomeini Shahr city of Isfahan province and experiments related to the laboratory section and the research laboratories of the Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. In this study, a box culture system was used to grow mushrooms. For this purpose, in order to prepare the culture media and prevent the mixing of culture media containing different treatments, cardboard plastic was used to make the boxes. First, in order to eliminate the pathogens, tiram fungicide is used for 24 hours. Cartonoplasts were then placed at specific distances of 30 cm by 30 cm. To eliminate pathogens, the composts were steamed in an autoclave at 121 ° C at a pressure of 1.34 atmospheres for 15 minutes and boarded and treatments were applied. Treatments include 3 levels of vitamin C (0, 3 and 6 mg / kg) (C0, C1 and 2C), 3 levels of vitamin B (0, 0.5 and 1 mg / kg) (B0, B1 and B2) was performed by factorial experiment in a randomized complete block design with 4 replications (40). Vitamin B complex, including vitamins B1, B2, B6, B12 and B9 were prepared in a ratio of 1: 2: 2: 5: 4. The treatments were applied to the composts used in the bed after boarding and before applying topsoil. When the mushrooms reached the commercial harvest level, i.e., the cap was 2.5 to 8 cm, but the cap was not opened, the factors related to vegetative growth were measured as follows. The number of mushrooms during the harvest period was counted for all treatments and at the end of the period, the average number of mushrooms per unit area was calculated. Cap diameter and base of each fungus were measured with a caliper during the harvest period for all mushrooms. In order to estimate yield, the mushroom harvested daily were weighed from all replications of each treatment.

Result

The results showed that the nutritional supplements used in this study were effective in increasing vegetative

1, 2 and 3- Former M.Sc Student, Associate Professor and M.Sc Student, Department of Horticulture, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir)

growth and yield and the highest number of mushrooms and dry weight were related to vitamin treatment. The interaction effect of vitamin C and vitamin B on the quantitative and qualitative characteristics of edible mushrooms at harvest time showed that dry weight increased at C1 and C2 with increasing concentration of B2 and decreased at C0. Cap diameter increased at all concentrations of vitamin C with increasing concentration of B2 and C2 had the highest amount. Base diameter was highest in C1 with increasing all concentrations of B vitamins compared to other treatments and lowest in C2 with concentration of B0. Ion leakage in C2 increased with increasing concentration of B2 and decreased in C0 and C1. The number of mushroom in C1 and C2 decreased with the addition of vitamin B and the highest number in C2 increased with the concentration of B0. The weight of grade 2 at C0 and C1 decreased with increasing concentrations of B2 and B1, respectively. Total yield was increased at all concentrations of vitamin C using B1. The highest total yield was observed in C1 treatment with B2 application. Total performance in control and C2 treatment decreased with increasing B2. Harvest time hardness increased in all three vitamin C treatments by increasing the concentration of B1, but increasing the concentration of B2 compared to B1 decreased. The highest increase was observed in the control treatment of vitamin C and the highest decrease was observed in the treatment of C2. Harvest time whiteness increased in C0 and C2 with the addition of vitamin B and decreased in C1. In general, in the control treatment of vitamin C in the two concentrations of B1 and B2, the highest amount of whitening time was observed. The highest amount of ash was observed in C2 with B2 application. In the postharvest experiment, the highest hardness after 32 days of storage was related to vitamin B treatment and the highest postharvest hardness, postharvest whiteness, and whiteness after 32 days of storage were related to vitamin C treatment. Also, the results of comparing the mean of interactions showed that the total yield in all three vitamin B treatments increased with the application of 3 mg/kg. The results of the second experiment showed that the rate of water loss in C1 with the addition of B2 concentration was the highest and in the control treatment was the lowest. The hardness increased after 32 days of storage in the control treatment and C2 with the application of B1, but decreased in C1 and C2 with the use of B2. The highest amount of whiteness was observed in C1 after 32 days of storage by increasing the concentration of C1, which was not statistically significant with the control treatment. It seems that there is not much difference between different concentrations of vitamin C in vegetative and postharvest fungal traits, but better results have been obtained by increasing the concentration of vitamin B. The results indicate that the effect of supplements on the yield of edible mushrooms is different so that adding appropriate amounts of supplements to the culture medium significantly increases crop yield. The results of this study showed that vitamin C1 treatment resulted in the highest dry and total weight, cap diameter, base diameter, and number of mushrooms. Wetter and drier cap and base diameters, ion leakage and water loss, were the highest in vitamin B2 treatment.

Keywords: Mushroom, Storage, Supplements, Vitamins

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۵۶-۴۳

تأثیر تیمارهای ویتامین C و B بر عملکرد قارچ تکمه‌ای و عمر پس از برداشت آن

سعید خسروی[۱]- مریم حقیقی[۲]*- منیره محنت‌کش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۳

چکیده

قارچ خوراکی (*Agaricus bisporus*) مهم‌ترین قارچی است که به‌صورت صنعتی کشت می‌شود و ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آمینواسیدها موجب بهبود رشد رویشی قارچ و بالا رفتن عملکرد در فلش‌های مختلف برداشت می‌گردد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر ویتامین B و C، بر رشد و عملکرد قارچ تکمه‌ای و عمر پس از برداشت آن در ۲ آزمایش مجزا در کارخانه قارچ و انبار پس از برداشت انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار شامل تیمارهای ویتامین C (صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم برکیلوگرم) و ۳ سطح ویتامین B (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) اعمال گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی ویتامین C، ویتامین B و اثرمتقابل آن‌ها بر قطر کلاهک و پایه، میزان از دست‌دهی آب، وزن خشک، سختی پس از برداشت، یون نشتی، تعداد قارچ، آخرین سختی پس از برداشت، عملکرد، وزن درجه دو معنی‌دار بود. مکمل-های غذایی استفاده‌شده در این پژوهش بر افزایش رشد رویشی و عملکرد مؤثر بودند. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد تیمار ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین C بیشترین میزان وزن خشک و کل، قطر کلاهک، قطر پایه، تعداد قارچ را موجب شد. وزن‌تر و خشک قطر کلاهک و پایه، نشت یونی و میزان از دست دهی آب در تیمار ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم ویتامین B بیشترین میزان را داشت. به نظر می‌رسد در صفات رویشی و پس از برداشت قارچ تفاوت زیادی بین غلظت‌های مختلف ویتامین ث وجود ندارد اما با افزایش غلظت ویتامین B نتایج بهتری حاصل‌شده است.

واژه‌های کلیدی: انبارمانی، قارچ، مکمل‌های غذایی، ویتامین‌ها

مقدمه

قارچ خوراکی (*Agaricus bisporus*) مهم‌ترین قارچی است که به‌صورت صنعتی کشت می‌گردد و به دلیل خواص دارویی از اهمیت تغذیه‌ای ویژه‌ای در سبد غذایی مردم جهان برخوردار است 1 (Singh and Si Singh, 2007). پیش‌بینی می‌شود با افزایش روزافزون جمعیت و تغییر الگوی مصرف، مسئله غذا در آینده نزدیک یکی از مهم‌ترین مسائل کشور و فقر پروتئین از مهم‌ترین بحران‌های پیشرو باشد. قارچ‌ها می‌توانند بهترین انتخاب برای تأمین پروتئین ضروری انسان باشند؛ زیرا با استفاده از ضایعات کشاورزی، مواد غذایی غنی از پروتئین تولید می‌کنند (Royse and Chalupa, 2009). همچنین قارچ‌ها منبعی غنی از چندین اسیدآمینه ضروری، ویتامین‌ها (B_2، نیاسین و فولات ها) و مواد معدنی هستند (Shaviv, 2001). تولید قارچ تکمه‌ای سفید (*Agaricus bisporus*) حدود ۳۵ درصد از کل تولید جهانی قارچ‌های خوراکی را به خود اختصاص می‌دهد (Tavana and Dear, 2011). یکی از مهم‌ترین عوامل در پرورش و تولید قارچ خوراکی، بهبود عملکرد محصول و رشد قارچ است که به فاکتورهای مختلفی مانند کیفیت بستر کاشت، مقدار اسپان مصرفی، شرایط رشد، گونه و نژاد قارچ خوراکی کشت‌شده، نحوه آماده‌سازی بستر کشت و استفاده از مکمل‌های غذایی مانند ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آمینواسیدها وابسته است (Steams and Shelton, 2011). حال‌آنکه اگر این ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آمینواسید به‌صورت تدریجی در اختیار میسیلیوم قارچ قرار گیرد و موجب افزایش رشد رویشی و بالا رفتن عملکرد می‌گردد. از سوی دیگر، اعمال تدریجی این مواد سبب کنترل میزان عناصر غذایی، تثبیت و تأمین عناصر غذایی به فرم‌های مختلف و مناسب و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.61967.0

همچنین اثرهای هم‌افزایی عناصر و افزایش دسترسی به عناصر می‌شود (Simon *et al.*, 2010). عمر انباری قارچ تازه در دمای معمولی تنها ۳-۱ روز و در ۴ درجه سانتی‌گراد ۷ - ۴ روز است (Singh and Si Singh, 2007). قارچ در مقایسه با بیشتر محصولات باغبانی سرعت تنفس بالاتری دارد و به دلیل فقدان پوشش محافظ طبیعی برای جلوگیری از هدر رفتن آب، کیفیت خوراکی آن به‌سرعت از دست می‌رود. لذا نقصان سریع پس از برداشت، در توزیع و عرضه‌ی قارچ، محدودیت ایجاد کرده است (Singh, 2010). نرم شدن قارچ‌های دکمه‌ای نیز ممکن است توسط آنزیم‌های باکتریایی رخ دهدکه دیواره سلولی را در طول ذخیره‌سازی تخریب می‌کند (Royse and Chalupa, 2009). وجود ساختار اپیدرمی نازک و متخلخل و عدم وجود کوتیکول و نرخ زیاد تنفس در قارچ‌ها و همچنین فعالیت زیاد آنزیم تیروزیناز و وجود مقدار زیاد ترکیبات فنولی، قارچ‌ها را مستعد قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌کند (Atri ; Zhang *et al.*, 2019and Guleria, 2013). قهوه‌ای شدن روی کیفیت قارچ تأثیر می‌گذارد و منجر به خسارت‌های اقتصادی فراوانی در صنعت می‌شود (Singh, 2010). تیمارهای پس از برداشت می‌تواند رشد میکروبی و تشکیل ضایعه قهوه‌ای قارچ را به میزان قابل‌توجهی مهار کند (Simon *et al.*, 2010). تاکنون مطالعات گسترده‌ای برای افزایش عمر پس از برداشت قارچ‌ها توسط بسیاری از محققان انجام‌شده است ازجمله: تیمارهای شیمیایی (تیروزیناز) و مهارکننده‌ها، سدیم متابی سولفیت، سیتریک اسید، هیدروژن پراکسید، گلایسین بتائین، تیمارهای بسته‌بندی فیزیکی پوشش‌ها و اتمسفر اصلاح‌شده، کم‌آبی، تکنیک‌های تابش، کلسیم‌کلرید و اسیدسیتریک، تیمار UV-C، فیلم مخلوط کیتوزان/زین، آب الکترولیز، آب پلاسما فعال‌شده، تیمار کوتاه‌مدت CO_2 و تأثیر L-Arginine در حفظ کیفیت ذخیره‌سازی قارچ تکمه‌ای سفید (Hosseini and ; Khan *et al.*, 2017; Lei *et al.*, 2018;Moradinezhad, 2018 Li *et al.*, 2019). بااین‌وجود در خصوص تأثیر تیمارهای ویتامین گروه ب و ث بر روی رشد، عملکرد و ماندگاری پس از برداشت قارچ خوراکی گزارشی وجود ندارد؛ همچنین پژوهش حاضر جهت بررسی میزان تأثیرپذیری کیفیت پس از برداشت قارچ خوراکی از تیمارهای ویتامین B و C اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور مطالعه تأثیر ویتامین‌هایB و C بر رشد و عملکرد قارچ تکمه‌ای در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت یک آزمایش مجزا در کارخانه قارچ کوهستان واقع در شهرستان خمینی‌شهر استان اصفهان به اجرا درآمد و آزمایش‌های مربوط به بخش آزمایشگاهی و انبار پس از برداشت در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد.

در این پژوهش از سیستم کشت جعبه‌ای برای کشت قارچ استفاده شد. به همین منظور جهت آماده‌سازی بسترهای کشت و جلوگیری از اختلاط بسترهای کشت حاوی تیمارهای مختلف از کارتن‌پلاست برای ساخت جعبه‌ها استفاده شد. ابتدا به‌منظور از بین بردن عوامل بیماری‌زا، کارتن‌پلاست‌ها به مدت ۲۴ ساعت داخل قارچ‌کش تیرام قرار گرفتند. سپس کارتن‌پلاست بافاصله ۳۰ سانتی‌متر در ۳۰ سانتی‌متری در محل‌های مشخص قرار گرفتند. کمپوست‌ها جهت از بین بردن عوامل بیماری‌زا، درون اتوکلاو دمای ۱۲۱ درجه‌سانتی‌گراد، فشار ۱/۳۴ اتمسفر به مدت ۱۵ دقیقه بخار داده شدند و تخته‌کوبی شد و تیمارها اعمال گردید. تیمارها شامل ۳ سطح ویتامین C (صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به صورت (C0، C1 و C2)، ۳ سطح ویتامین B (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر گرم) به صورت (B0، B1 و B2) بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد (Shivhare *et al.*, 2004). ویتامین B کمپلکس شامل ویتامین B1، B2، B6، B12 و B9 با نسبت ۱: ۲: ۲: ۵: ۴ از شرکت (Nekton Prpdokte CO) تهیه شد، تیمارها در آب مقطر حل شده و در دو مرحله، پس از تخته‌کوبی و قبل از اعمال خاک‌پوششی به کمپوست‌های بکار رفته در بستر اعمال شد.

آزمایش اول: اندازه‌گیری خصوصیات کمی و کیفی قارچ خوراکی در زمان برداشت

برای تهیه محلول ویتامین C از شرکت (Kimiya Darou Mehr Co) استفاده شد. هنگامی‌که قارچ به حد برداشت تجاری رسید یعنی کلاهک ۲/۵ تا ۸ سانتی‌متر شد، اما کلاهک باز نشده بود، فاکتورهای مربوط به رشد رویشی به‌صورت زیر اندازه‌گیری شد (شکل ۱). تعداد قارچ‌ها در طول دوره برداشت برای تمامی تیمارها شمارش گردید و در پایان دوره برای هر تیمار میانگین تعداد قارچ به ازای واحد سطح محاسبه شد. قطر کلاهک و پایه هر قارچ در طول دوره برداشت برای تمامی قارچ‌ها با کولیس (Insize1108-250) اندازه-گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد، روزانه قارچ‌های برداشت‌شده از کلیه تکرارهای هر تیمار توزین شد.

روزانه قارچ‌ها برداشت‌شده دسته‌بندی و قارچ‌های درجه ۲ (پرده زیر کلاهک جداشده باشد) از میان قارچ‌ها جدا و توزین شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن‌تر، بعد از اتمام دوره کشت قارچ‌ها وزن‌تر آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال تعیین شد. سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک، قارچ‌ها درون آون به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. پس از این مرحله وزن خشک به‌وسیله ترازوی دیجیتال برحسب گرم توزین شد. اندازه‌گیری میزان نشت یونی بر طبق روش لوتس و همکاران (۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد (Lutts *et al.*, 1995). به این منظور از قارچ‌های

ورقه شده ۳ دیسک به قطر یک سانتی‌متر در هر تکرار تهیه گردید. سپس نمونه‌ها درون لوله‌آزمایش ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق بر روی شیکر قرار داده شد پس‌از این مدت محتویات لوله‌ها ورتکس و میزان هدایت الکتریکی محلول (EC_1) توسط دستگاه سنجش هدایت الکتریکی اندازه‌گیری گردید. درصد نشت یونی از رابطه زیر به‌دست‌آمد:

$$EC = (EC1/EC2) \times 100$$

مقداری از نمونه‌های خشک‌شده را با ترازوی دیجیتال توزین در کوره ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم و بعد از گذشت ۲۴ ساعت وزن کردن خاکستر انجام شد و با کمک رابطه زیر درصد خاکستر محاسبه شد.

$$ASH = (AW/DW) \times 100$$

AW: وزن خاکستر، DW: وزن خاکستر

آزمایش دوم: اندازه‌گیری خصوصیات کمی و کیفی قارچ خوراکی پس از برداشت

پس از برداشت کردن قارچ‌ها و انجام اندازه‌گیری‌های آزمایش اول، قارچ‌ها در داخل ظرف یک‌بارمصرف قرار گرفت و با پوشش سلفون بسته‌بندی گردید و به‌صورت یک ردیف داخل سبدهای بزرگ بدون هیچ فشاری قرار گرفتند که این کار برای هر فلش رشدی جداگانه انجام و به سردخانه دانشگاه منتقل شد تا اندازه‌گیری فاکتورهای مربوط به پس از برداشت مثل میزان سختی، میزان از دست‌دهی آب، میزان سفیدی روی قارچ‌ها انجام گیرد و پس از هر اندازه‌گیری مجدداً قارچ‌ها در داخل ظرف یک‌بارمصرف قرار گرفت و با پوشش سلفون بسته‌بندی‌شده و به‌صورت یک ردیف داخل سبدهای بزرگ بدون هیچ فشاری برای اندازه‌گیری‌های بعدی قرار گرفت. اندازه‌گیری‌های پس از برداشت هر ۴ روز یک‌بار مجموعاً ۸ مرتبه به مدت ۳۲ روز انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری سختی قارچ، از دستگاه پلانچر مدل (model: Insize ISH-SDM) استفاده شد. بدین منظور یک‌بار اندازه‌گیری بلافاصله پس از برداشت و هر ۴ روز تا ۳۲ روز مجدداً از همان تکرار اندازه‌گیری انجام شد سپس از رابطه زیر میزان سختی بافت قارچ نسبت به نیوتون محاسبه شد.

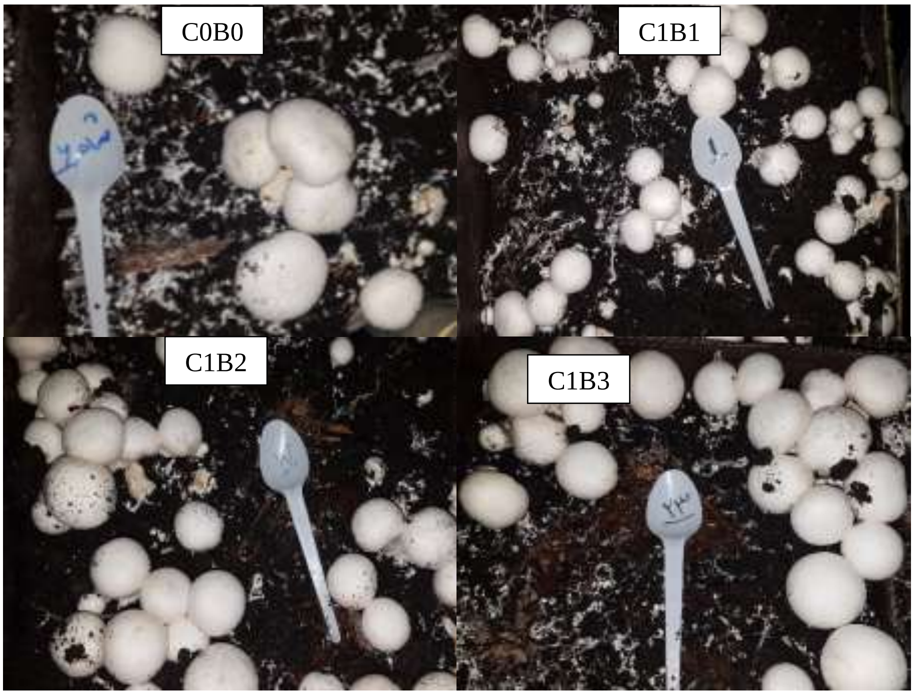
$$T = FP \times G$$

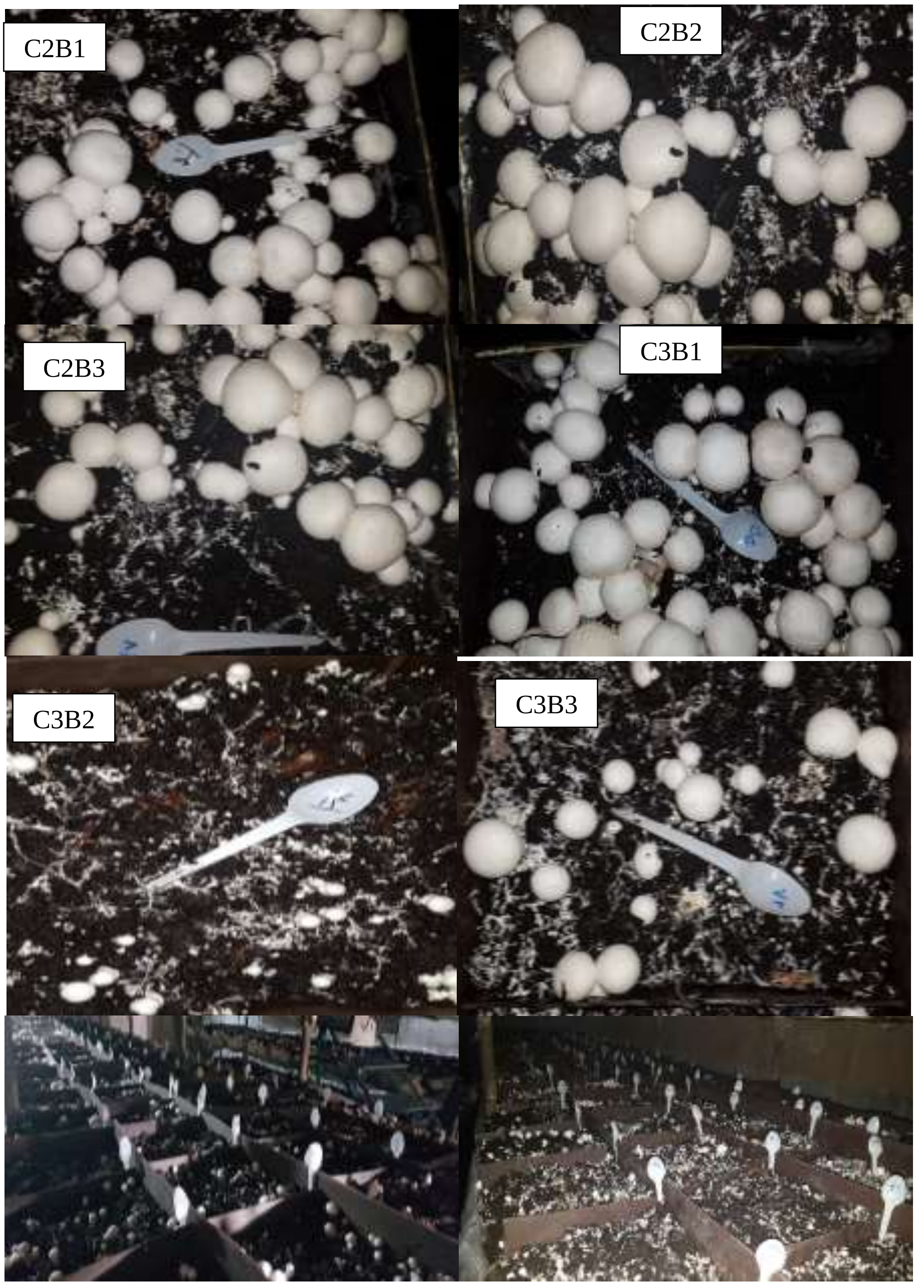
FP: قرائت پلانچر، G:۹/۸

قارچ‌ها را بلافاصله پس از برداشت وزن کرده و هر ۴ روز تا ۳۲ روز مجدداً از همان تکرار وزن می‌کنیم سپس از رابطه زیر میزان از دست‌دهی آب برحسب درصد محاسبه شد:

$$WD = ((W1 - W2)/W1) \times 100$$

W1: اولین وزن، W2: وزن پس از ۳۲ روز





شکل ۱- تصاویر قارچ‌های تیمار شده با C0، C1، C2 به ترتیب غلظت صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم ویتامین C در هر کیلوگرم کمپوست؛ B0، B1، B2 به ترتیب غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم ویتامین B در هر کیلوگرم کمپوست

Figure 1- Images of C0, C1, C2 fungi treated with concentrations of 0, 3, and 6 mg of vitamin C per kg of compost, respectively; and B0, B1, B2 fungi treated with concentrations of 0, 0.5 and 1 mg of vitamin B per kg of compost, respectively

از یک قارچ در هر تیمار بلافاصله پس از برداشت تصویربرداری با دوربین دیجیتال در شرایط یکسان برای همه تیمارها و هر ۴ روز تا ۳۲ روز مجدداً از همان قارچ تصویربرداری شد و به کمک برنامه MATLAB (Ver 8.1-2013) میزان سفیدی پس از برداشت به دست آمد به‌طوری‌که از صفر (سیاهی مطلق) تا ۲۵۵ (سفیدی مطلق) برای هر تکرار اندازه‌گیری انجام شد.

تجزیه داده‌ها

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار statistix8 استفاده شد.

نتایج

نتایج جدول تجزیه واریانس اثر اصلی ویتامین C، ویتامین B و اثرمتقابل آنها بر قطر کلاهک و پایه، میزان از دست‌دهی آب، وزن خشک، سختی پس از برداشت، یون نشتی، تعداد قارچ، آخرین سختی پس از برداشت، عملکرد، وزن درجه دو معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی ویتامین C، ویتامین B بر وزن تر معنی‌دار بود اما اثرمتقابل آنها تاثیر معنی‌داری بر وزن تر نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر کاربرد ویتامین C و ویتامین B بر خصوصیات قارچ تکمه‌ای

Table 1- ANOVA for the effect of vitamin C and vitamin B application on mushrooms characteristics

منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	سختی پس از برداشت Post-harvest hardness	وزن خشک Dry weight	قطر پایه Base diameter	میزان ازدست دهی آب Water loss	قطر کلاهک Cap diameter
Vitamin C	2	35.04**	0.30**	24.76**	17.52**	22.62**
Vitamin B	2	29.42**	1.13**	9.78**	29.26**	133**
Vitamin B×C	4	35.30**	0.69**	11.14**	109.75**	30.32**
خطا Error	243	3.54	0.01	0.02	2.57	0.09
ضریب تغییرات C.V (%)		2.71	6.4	0.62	10.45	0.77

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

** : significant at 1% of probability level

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس اثر کاربرد ویتامین C و ویتامین B بر خصوصیات قارچ

Table 1 Continued- ANOVA for the effect of vitamin C and vitamin B application on mushrooms characteristics

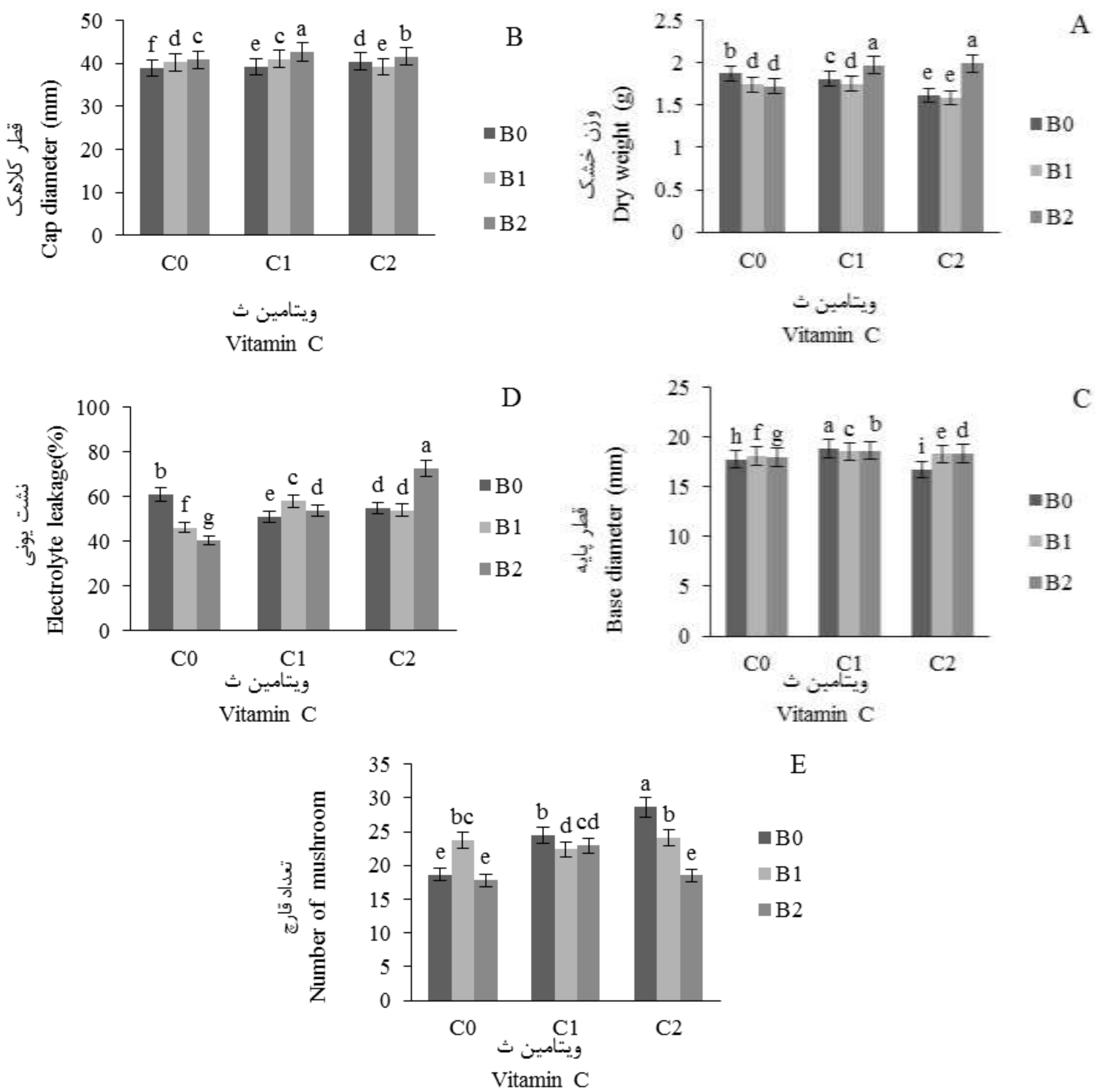
منابع تغییرات Sources of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	نشت یونی Ion leakage	آخرین سختی پس از برداشت The last difficulty after harvest	تعداد قارچ Number of mushroom	عملکرد کل Total yeild	وزن درجه دو Second degree weight	وزن تر Fresh weight
C	2	3502.08**	287.15**	433.82**	175987**	1115.82**	10.08**
B	2	291.20**	564.29**	556.39**	**52266	495.91**	31.77*
B×C	4	4083.39**	278.98**	392.27**	**17598	2309.8**	20.11ns
خطا Error	243	16.11	12.11	3.63	5.61	57.77	6.89
ضریب تغییرات CV	0.77	5.2	3.75	2.71	6.4	0.62	10.45

ns: غیر معنی‌دار، **معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و* : معنی دار در سطح احتمال۵ درصد

ns: non-significant, ** :significant at 1% of probability level, and *: significant at 5% of probability level.

اثر متقابل کاربرد ویتامین ث و ویتامین ب بر خصوصیات کمی و کیفی قارچ خوراکی در زمان برداشت نشان داد، وزن خشک در C1 و C۲ با با کاربرد B2 افزایش و در C0 کاهش یافت. (شکل ۲- A). قطر کلاهک در همه‌ی غلظت‌های ویتامین C با کاربرد B2 افزایش یافت و C2 بیشترین میزان را داشت (شکل ۲- B). قطر پایه در C1 با فزودن همه‌ی غلظت‌های ویتامین ب بیشترین میزان را نسبت به سایر تیمارها داشت و در C2 با غلظت B0 کمترین میزان را داشت (شکل ۲- C). نشت یونی در C2 با کاربرد B2 افزایش و در C0 و C1 کاهش یافت (شکل ۲- D). تعداد قارچ در C1 و C2 با افزودن ویتامین B کاهش یافت و بیشترین تعداد در C2 با کاربرد B0 بود (شکل ۲- E).

وزن درجه‌دو در C0 و C1 به ترتیب با کاربرد B2 و B1 کاهش یافت (شکل ۳- A). عملکرد کل در همه‌ی غلظت‌های ویتامین C و با کاربرد B1 افزایش یافت. بیشترین میزان عملکرد کل در تیمار C1 با کاربرد B2 مشاهده شد. عملکرد کل در تیمار شاهد و C2 با افزایش B2 کاهش یافت (شکل ۳- B). سختی زمان برداشت در هر سه تیمار ویتامین C و با کاربرد B1 افزایش یافت اما افزایش غلظت B2 نسبت به B1 کاهش نشان داد. بیشترین میزان افزایش در تیمار شاهد ویتامین C و بیشترین میزان کاهش در تیمار C2 مشاهده شد (شکل ۳- C).



شکل ۲- اثرات متقابل کاربرد ویتامین C × ویتامین B روی وزن خشک (A)، قطر کلاهک(B)، قطر پایه(C)، نشت یونی(D) و تعداد قارچ(E) در زمان برداشت

C0 ، C1، C2 به ترتیب غلظت صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم ویتامین C در هر کیلوگرم کمپوست؛ B0، B1، B2 به ترتیب غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم ویتامین B در هر کیلوگرم کمپوست

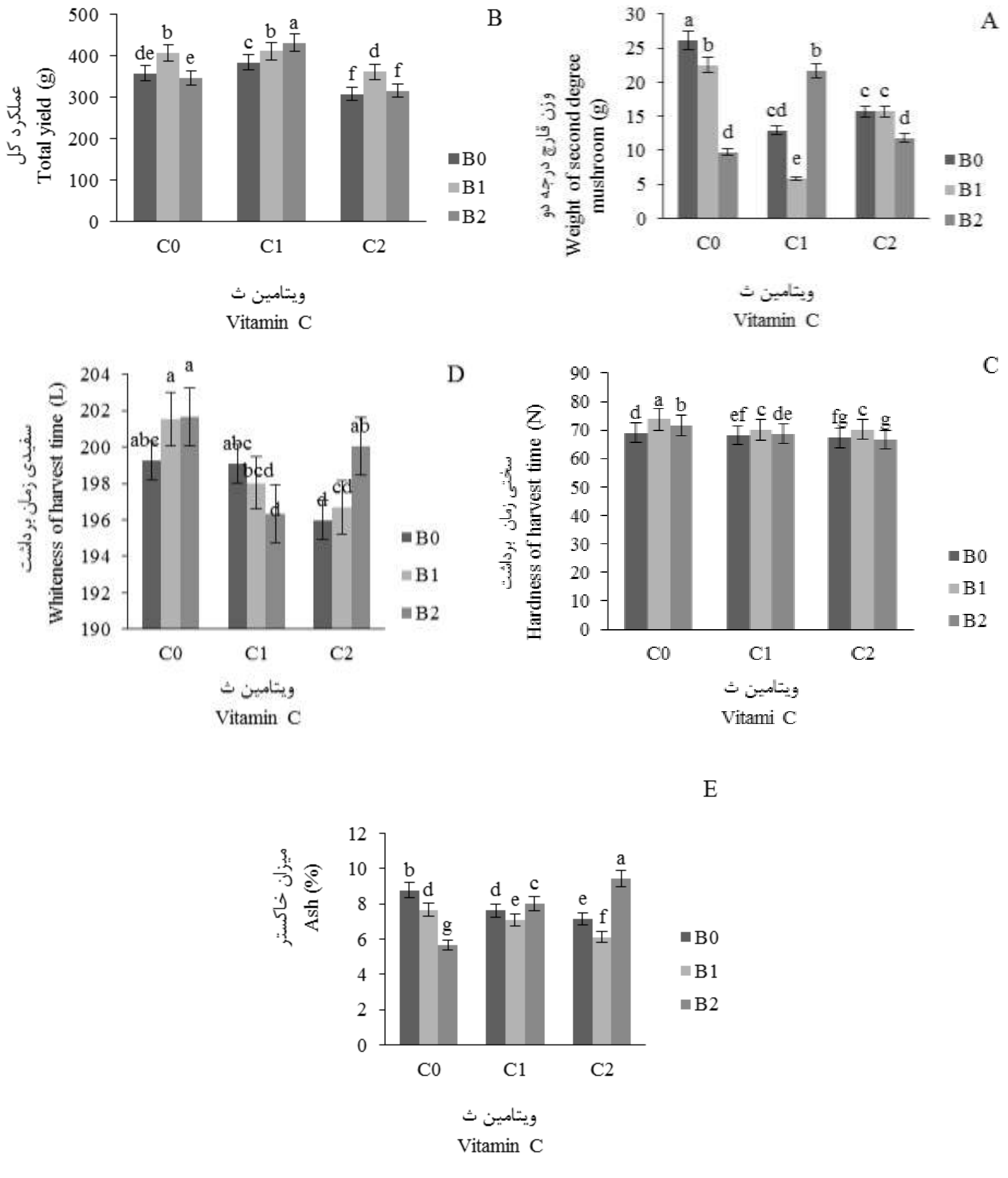
Figure 2- Interaction effects of vitamin C ×vitamin B application on dry weight (A), cap diameter (B), base diameter (C), electrolyte leakage (D) and number of mushroom (E) at harvest time

C0, C1, C2 indicate concentrations of 0, 3, and 6 mg of vitamin C per kg of compost, respectively; B0, B1, B2 indicate concentrations of 0, 0.5 and 1 mg of vitamin B per kg of compost, respectively.

(LSD, $p \leq 0.05$)

سفیدی زمان برداشت در C0 و C2 با افزودن ویتامین B افزایش و در C1 کاهش یافت، به‌طورکلی در تیمار شاهد ویتامین C در دو غلظت B1 و B2 بیشترین میزان سفیدی زمان برداشت مشاهده شد (شکل ۳- D). بیشترین میزان خاکستر در C2 با کاربرد B2 مشاهده شد (شکل ۳- E).

نتایج آزمایش دوم: میزان ازدست‌دهی آب در C1 با کاربرد B2 بیشترین میزان را نشان داد و در تیمار شاهد کمترین میزان را داشت (شکل ۴- A). سختی پس از ۳۲ روز انبارمانی در تیمار شاهد و C2 با کاربرد B1 افزایش نشان داد؛ اما در C1 و C2 با کاربرد B2 کاهش یافت (شکل ۴- B).



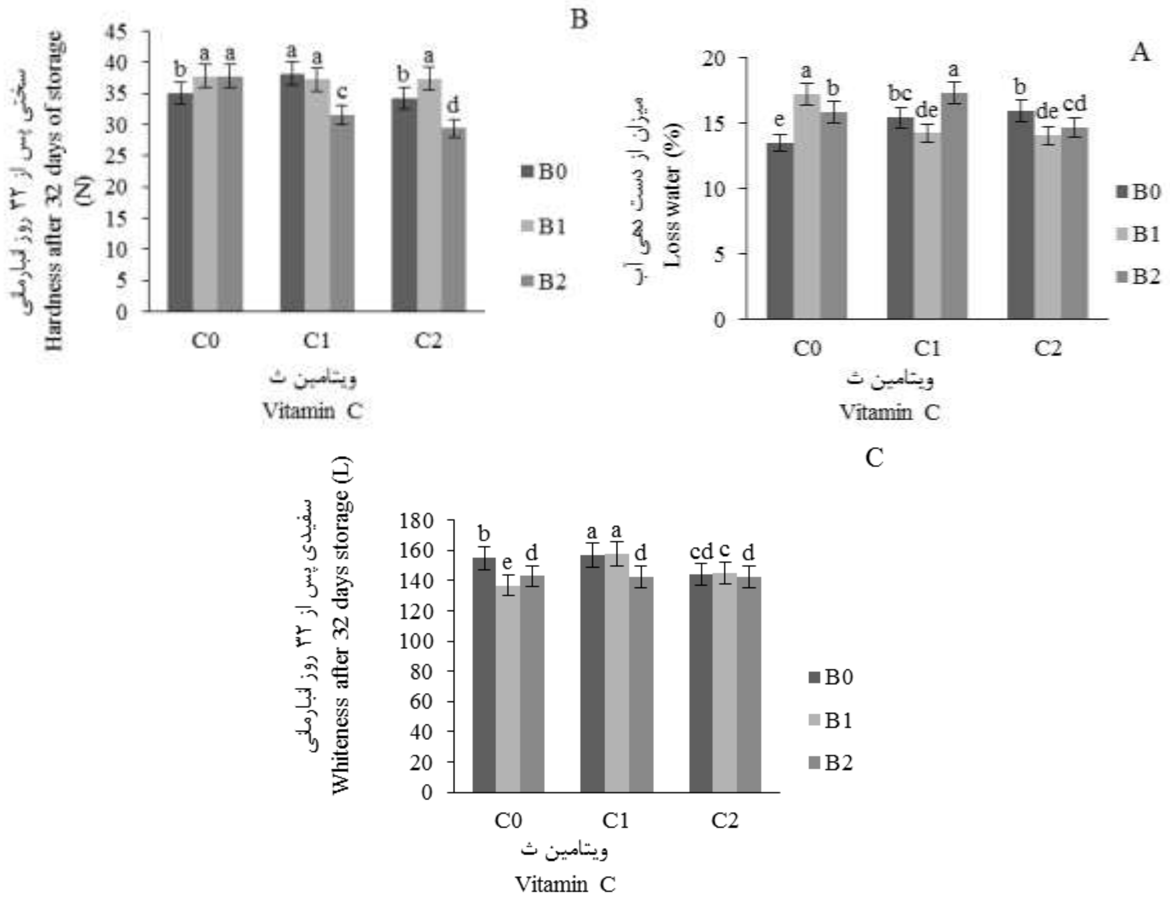
شکل ۳- اثرات متقابل کاربرد ویتامین C × ویتامین B روی وزن قارچ درجه دو(A)، عملکرد کل(B)، سختی (C)، سفیدی(D) و خاکستر(E) در زمان برداشت

C0، C1، C2 به ترتیب غلظت صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم ویتامین C در هر کیلوگرم کمپوست؛ B0، B1، B2 به ترتیب غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم ویتامین B در هر کیلوگرم کمپوست

Figure 3– Interaction effects of vitamin C ×vitamin B application on weight of second degree mushroom (A), total yield (B), hardness (C), whiteness (D) and ash (E) at mushroom harvest

C0, C1, C2 indicate concentrations of 0, 3, and 6 mg of vitamin C per kg of compost, respectively; B0, B1, B2 indicate concentrations of 0, 0.5 and 1 mg of vitamin B per kg of compost, respectively.

بیشترین میزان سفیدی پس از ۳۲ روز انبارمانی در C1 با کـاربرد C1 مشاهده شد که با تیمار شاهد ازلحاظ آمـاری تفـاوت معنـی‌داری نداشت (شکل ۴- C).



شکل ۴- اثرات متقابل کاربرد ویتامین C × ویتامین B روی ازدست‌دهی آب (A)، سختی (B) و سفیدی (C) در زمان پس از برداشت.

C0، C1، C2 به ترتیب غلظت صفر، ۳ و ۶ میلی‌گرم ویتامین C در هر کیلوگرم کمپوست؛ B0، B1، B2 به ترتیب غلظت‌های صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم ویتامین B در هر کیلوگرم کمپوست

Figure 4 – The interactions effect of vitamin C ×vitamin B on water loss (A), hardness (B), whiteness (C) at harvest time.
C0, C1, C2 indicate concentrations of 0, 3, and 6 mg of vitamin C per kg of compost, respectively; B0, B1, B2 indicate concentrations of 0, 0.5 and 1 mg of vitamin B per kg of compost, respectively.

بحث

هدف از کلیه مطالعات پس از برداشت کاهش فعالیت متـابولیکی، حفظ خواص فیزیکـی شـیمیایی محصـول، در طـی انبارمـانی اسـت، نشانگرهای کیفیت قارچ تکمه‌ای شامل رنگ سفید، کلاهـک بسـته، پایه کوتاه، تردی، سفتی و بوی مطبوع می‌باشد که به‌سـرعت پـس از ۱-۳ روز در دمای محیط یا ۵-۷ روز در دمای ۰-۲ درجه سانتی‌گـراد از بین می‌روند (Aday, 2016). در ایـن پـژوهش مشـخص شـد کـه صفات کمی و کیفی مورد مطالعه قارچ خوراکی تحت تأثیر غلظت‌های مختلـف ویتـامین ث و ویتـامین ب قـرار گرفـت. تاثیرهـای مفیـد ویتامین‌ها در بهبود کمی و کیفی محصولات دیگری هم گزارش‌شـده اسـت (Naguib and Khalil, 2002; Emam *et al.*, 2011; Youssef and Talaat, 2003) طبق نتـایج بـه‌دسـت‌آمـده از ایـن مطالعه وزن خشـک در C1 و C2 بـا کـاربرد B2، افـزایش و در C0 کاهش یافت. تحقیقات نشـان داد کـاربرد اسیدآسـکوربیک و تیـامین موجب افزایش وزن‌تر و خشک بوته در گیاه پنجه‌غازی و همیشه‌بهـار مـی‌شـود (Soltani *et al.*, Abdel-Aziz Nahed *et al.*, 2007; 2014). در رابطه با اثر مثبت ویتامین B بر صـفات مـذکور مـی‌تـوان بیان کرد که این اثر ناشی از نقش ویتامین B در سـنتز پـروتئین‌هـا و

کربوهیدرات‌ها می‌باشد، درنتیجه تولید انرژی افزایش و همچنین میزان فتوسنتز گیاه بهبود می‌یابد و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرارگرفته و منجر به افزایش صفاتی مانند ارتفاع بوته و وزن می‌شود (Abdel-Aziz Nahed *et al.*, 2007). قطر کلاهک و پایه با افزودن ویتامین در اکثر تیمارها افزایش یافت. یکی از علائم پیری و زوال قارچ دکمه‌ای باز شدن کلاهک است که موجب کاهش کیفیت و آزاد شدن اسپورها می‌شود (Braaksma *et al.*, 2001). میزان نشت یونی با افزایش غلظت ویتامین C افزایش معنی‌داری را نشان داد. اسیدآسکوربیک به علت داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا سرعت واکنش‌های مرتبط با پیری را کاهش می‌دهد. اسیدآسکوربیک همچنین اکسیداسیون لیپیدهای را کاهش داده و پایداری غشا را بالا می‌برد. حفظ پایداری غشا توسط اسیدآسکوربیک با کاهش نشت یونی در این آزمایش مشخص می‌باشد. اسیدهای آمینه همچون ذرات الکتریکی باردار عمل می‌کنند این حالت به دلیل ماهیت ناقل یا حامل بودن آن‌ها در انتقال بار مثبت و منفی است. وقتی محصولات ساخته‌شده از اسیدهای آمینه در شرایط مناسب وارد گیاه می‌شوند، ذرات نوسان داری را در غشا سلول تشکیل می‌دهند که با حرکت در آن، منافذ یونی ایجاد می‌شوند و باعث نفوذ اسیدهای آمینه آزاد بیوسنتز شده به درون سلول می‌گردد. پس از ورود اسیدهای آمینه به سلول به‌واسطه خلوص بسیار بالا گیاه به‌راحتی این مواد را در درون خود می‌پذیرد و آن‌ها را همچون بخشی از ساختار خود در کلیه فرآیندهای متابولیکی تشکیل می‌دهد. این روند به گیاه امکان می‌دهد تا مقداری از انرژی خود را ذخیره کرده و درنتیجه در برابر تنش‌های ناشی از شرایط محیطی، استقامت و پایداری متابولیکی از خود بروز دهد. علاوه آن این جریان باعث رشد و ارتقا عمل بیوسنتز اسیدهای آمینه در گیاه شده و سبب افزایش کمی و کیفی محصولات گیاهی می‌گردد (Shaviv, 2001).

سفتی و نشت یونی همواره دارای همبستگی منفی می‌باشند. سفتی یکی از عوامل کلیدی در تصمیم‌گیری و تعیین کیفیت ازنظر مصرف‌کننده و همچنین یک شاخص بیان‌کننده میزان ماندگاری در محصول است (Ketelaere *et al.*, 2006). کاهش سفتی در طی انبارمانی بیان‌کننده میزان رسیدن، پیری و تولید رادیکال‌های آزاد است (Yang *et al.*, 2008). نتایج نشان داد وزن درجه‌دو در C0 و C1 به ترتیب با کاربرد B2 و B1 کاهش یافت همچنین به‌طورکلی در تیمار شاهد ویتامین C در دو غلظت B1 و B2 بیشترین میزان سفیدی زمان برداشت مشاهده شد. باگذشت زمان فعالیت آنزیمی افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه قهوه‌ای شدن در قارچ تحت دو عامل حمله میکروبی و نیز فعالیت آنزیمی است درنتیجه گذشت زمان می‌تواند با تشدید فعالیت آنزیمی و حمله میکروبی، باعث شود رنگ قارچ‌ها به‌تدریج تیره‌تر و قهوه‌ای‌تر گردد (Munsch *et al.*, 2002).

رنگ سفید مهم‌ترین شاخص کیفی ازنظر مصرف‌کننده در قارچ خوراکی است. برای افزایش بازارپسندی قارچ تکمه‌ای باید از قهوه‌ای شدن آن جلوگیری و رنگ سفید در طی انبارداری حفظ شود. آنزیم مؤثر در فرآیند قهوه‌ای شدن پلی فنل اکسیداز است. در حالت طبیعی مکان (سوبسترا) فنل و آنزیم توسط غشاهای سلولی از یکدیگر مجزا است ولی در اثر پیر شدن بافت قارچ و یا حمله عوامل میکروبی غشاهای سلولی صدمه‌دیده و منجر به واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌گردد (Suttirak and Manurakchinakorn, 2011). اسید آسکوربیک به چند روش در کنترل قهوه‌ای شدن نقش دارد. با کاهش pH باعث موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های خانواده پلی فنل اکسیداز می‌شود. از طرفی به علت داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی از فرآیندهای اکسیداسیونی جلوگیری و مانع اکسیداسیون فنل ها شده و قهوه‌ای شدن را به تأخیری اندازد (Golan-Goldhirsh and Whitaker, 1984). مشخص‌شده است این تیمارها در صورت استفاده در غلظت-های بالاتر از حد تحمل به‌عنوان اکسیداسیون قوی عمل نموده و آسیب به غشا و قهوه‌ای شدن را تحریک می‌نمایند. اثر مفید اسیدهای آلی در کنترل قهوه‌ای شدن در این پژوهش با مطالعات انجام‌شده بر روی سیب مطابقت دارد (Royse and Chalupa, 2009). بر اساس نتایج این آزمایش تعداد قارچ در C1 و C2 با افزودن ویتامین B کاهش یافت و بیشترین تعداد در C2 با کاربرد B0 مشاهده شد بر این اساس به نظر می‌رسد افزودن آسکوربیک‌اسید باعث افزایش تعداد قارچ می‌شود. عملکرد کل در همه‌ی غلظت‌های ویتامین C و با کاربرد B1 افزایش یافت. بیشترین میزان عملکرد کل در تیمار C1 با کاربرد B2 مشاهده شد. عملکرد کل در تیمار شاهد و C2 با افزایش 2B کاهش یافت و بیشترین میزان خاکستر در C2 با کاربرد B2 مشاهده شد. در مورد افزایش عملکرد بیولوژیکی با کاربرد تیامین و اسیدهای آمینه بر روی رازیانه گزارش کردند که تیامین باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود (Hendawy and Ezz EL-Din, 2010) همچنین طبق تحقیقی مشخص شد که محلول‌پاشی تیامین و آسکوربیک‌اسید بر گیاه جعفری موجب افزایش معنی‌دار عملکرد می‌شود (Hosseini *et al.*, 2015).

نتایج آزمایش دوم نشان داد میزان ازدست‌دهی آب در C1 با کاربرد B2 بیشترین و در تیمار شاهد کمترین میزان را داشت. با توجه به نبود کوتیکول ضخیم در قارچ‌ها، از دست دادن آب که طی فرآیند تعرق رخ می‌دهد، می‌تواند تبدیل به یکی از مهم‌ترین مشکلات پس از برداشت قارچ شود که انبارمانی این محصول را به‌شدت پایین می‌آورد (Khan *et al.*, 2014) از دست دادن آب باعث می‌شود تغییرات قابل‌توجهی در سوخت‌وساز سلول ایجاد شود. خسارت وارده به غشای سلولی یکی از دلایل کاهش وزن محصول به شمار می‌رود (Sapers and Simmons, 1998) داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا باعث شده است اسید آسکوربیک نیز همانند سایر اسیدهای آلی با

کاهش سرعت واکنش‌های مرتبط با پیری و اکسیداسیون لیپیدی، پایداری غشا را بالابرده و از این طریق خروج آب از سلول را کنترل و مانع از افت بیش‌ازحد وزن می‌شود (Toledo *et al.*, 2003) ولی در این آزمایش تأثیر مثبتی از این تیمار دیده نشد. سختی پس از ۳۲ روز انبارمانی در تیمار شاهد و C2 با کاربرد B1 افزایش نشان داد؛ اما در C1 و C2 با کاربرد 2B کاهش یافت. اسید آسکوربیک با نقش آنتی‌اکسیدانی خود، باعث حذف رادیکال‌های آزاد و تأخیر پیری می‌رود و از پراکسیداسیون غشای سلولی ممانعت می‌کند؛ بنابراین انتظار می‌رفت تیماری مؤثر در حفظ سفتی قارچ باشد که در این آزمایش چنین اثری مشاهده نشد. بیشترین میزان سفیدی پس از ۳۲ روز انبارمانی با کاربرد C1 مشاهده شد که با تیمار شاهد ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت.

شاخص رنگ در قارچ مهم‌ترین ویژگی کیفی ازنظر مصرف‌کننده است. گزارش‌شده است یک عامل عمده در تغییر رنگ قارچ فعالیت آنزیم Polyphenoloxidase است که موجب افزایش میزان پلی فنل کل می‌شود (Toledo *et al.*, 2003). بین شاخص رنگ با پلی فنل کل همبستگی منفی ($P<0.01$) وجود داشت. پس افزایش در میزان پلی فنل موجب افزایش در میزان قهوه‌ای شدن می‌شود که به دنبال آن رنگ سفید قارچ کاهش می‌یابد. پلی فنل ها گروه مهمی از ترکیبات ثانویه هستند و نقش اساسی در افزایش مقاومت به شرایط تنش زنده و غیرزنده دارند (Wen *et al.*, 2005). پلی فنل ها همچنین بر کیفیت، عطر، طعم و ظاهر محصولات نیز مؤثر هست. گزارش‌شده است که اسیدآسکوربیک حتی در غلظت پایین بر فعالیت آنزیم PPO مؤثر است. اسیدآسکوربیک با کلاته کردن مس جایگاه فعال آنزیم، PPO موجب غیرفعال شدن آنزیم می‌گردد (Ramon *et al.*, 1993) اسیدآسکوربیک به‌عنوان یک سوبسترای اولیه موجب سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌شود (Jiang and Zhang, 2001). یکی از علل حفظ رنگ سفید و ممانعت از قهوه‌ای شدن در تیمارهای استفاده‌شده را می‌توان به کاهش جمعیت باکتری نسبت داد (Steams and Shelton, 2011). اسیدهای آلی مؤثر در پس از برداشت شامل اسید اگزالیک، اسید سیتریک، اسید تارتاریک و اسید آسکوربیک می‌باشند که با کاهش اسیدیته محصول، فعالیت باکتری و آنزیم را کاهش می‌دهند. آنزیم تیروزیناز در اسیدیته کمتر از ۴ حداقل فعالیت را دارد. اسیدهای مذکور همچنین جایگاه فعال آنزیم را کلاته و آنزیم را غیرفعال می‌کنند (Shaviv, 2001). اسیدآسکوربیک موجب بازگشت کوئینون به دی‌فنول می‌گردد که یک ترکیب بی‌رنگ است. همچنین جایگاه فعال آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز را از حالت Cu^{+2} به Cu^{+1} تبدیل و آنزیم غیرفعال می‌گردد (Shivhare *et al.*, 2004). نقش اسیدهای آلی در افزایش انبارداری بسیاری از محصولات باغبانی گزارش‌شده است (Simon *et al.*, 2010). اسید آسکوربیک با جلوگیری از تولید ترکیبات تیره‌رنگ ملانین می‌تواند بازارپسندی را حفظ کند (Shivhare *et al.*, 2004).

بزرگ‌ترین عامل محدودکننده‌ی توسعه‌ی صنعتی قارچ، عمر قفسه‌ای کوتاه آن است، طولانی‌تر کردن دوره ماندگاری قارچ پس از برداشت، با ممانعت از قهوه‌ای شدن آنزیمی و کنترل عوامل باکتریایی برای صنعت قارچ می‌تواند مفید باشد؛ بنابراین برای سودآوری بیشتر در تولید قارچ خوراکی، انتخاب مواد برای غنی‌سازی بستر کشت بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Singh and Si Singh, 2007). درنتیجه پژوهشگران استفاده از بستر کشت و مکمل‌های غذایی را پیشنهاد دادند که تأثیر مثبت مکمل غذایی در بستر کشت می‌تواند به خاطر جبران کمبود مواد مغذی باشد (Shivhare *et al.*, 2004). تیامین اغلب در سلول به‌صورت فعال کو آنزیمی خود یعنی تیامین پیروفسفات که قبلاً کوکربوکسیلاز نامیده می‌شد وجود دارد. تیامین پیروفسفات در دو نوع از واکنش‌های آنزیمی که در جریان اصلی متابولیسم کربوهیدارت‌ها در آن‌ها گروه‌ها آلدئیدی از میان می‌روند و یا جابجا می‌شوند به‌عنوان کو آنزیم بکار می‌رود (Singh and Si Singh, 2007)؛ بنابراین گزارش‌شده است تیامین یک فاکتور رشد مهم برای گیاه است و برهمکنش قوی میان تیامین و اکسین برای تحریک ریشه نابجا در *Tetona grandis* وجود دارد (Tunc-Ozdemir *et al.*, 2009). در پژوهش‌هایی محققان بیان کردند که تیامین موجب حداکثر رشد میسیلیوم در شی‌تاکه (*L. edodes*) می‌گردد (Li *et al.*, 2019). در پژوهش دیگری محقق به این نتیجه دست‌یافت که غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر تیامین موجب تحریک رشد رویشی قارچ *L. edodes* می‌شود. بیوتین به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین ویتامین‌ها برای رشد رویشی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (Singh and Si Singh, 2007). بهترین رشد میسلیوم قارچ *L.conatus* در غلظت ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تیامین ثبت شد و با کمترین رشد رویشی در غلظت ۰/۰۱ میلی‌گرم در میلی‌لیتر اسید آسکوربیک ثبت شد (Tavana and Dear, 2011). تیامین در میان ویتامین‌ها برای رشد میسلیوم قارچ *L. tuberregium* بهترین ویتامین محسوب می‌شود (Shivhare *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری

بررسی نتایج حاکی از آن است که اثر مکمل‌های غذایی بر عملکرد قارچ خوراکی متفاوت است به‌طوری‌که افزودن مقادیر مناسبی از مکمل‌های غذایی به بستر کشت، عملکرد محصول را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان داد تیمار C1 ویتامین C بیشترین میزان وزن خشک و کل، قطر کلاهک، قطر پایه، تعداد قارچ را موجب شد. وزن‌تر و خشک قطر کلاهک و پایه، نشت یونی و میزان از دست دهی آب در تیمار B2 ویتامین B بیشترین میزان را داشت.

منابع

1. Abdel-Aziz Nahed G., Fatma E.M., and Farahat M.M. 2007. Response of vegetative growth and some chemical constituents of Syngonium podophyllum to foliar application of thiamine ascorbic acid and kinetin to Nurbaria. World Journal of Agricultural Science 3: 301-305.
2. Aday M.S. 2016. Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom. LWT-Food Science and Technology 68: 44-51. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.014.
3. Atri N.S., and Guleria L. 2013. Evalution of vitamin, phytohormone and trace element requirements of *Lentinus cladopus*. International Journal of Pharmaceutical Sciences Research 54: 40-43.
4. Braaksma A., Schaap D.J., and Donkers J.W. 2001. Effect of cytokinin on cap opening in *Agaricus bisporus* during storage. Postharvest Biology and Technology, 23:171-179. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00114-4.
5. Emam M.M., El-Sweify A.H., and Helal N.M. 2011. Efficiencies of some vitamins in improving yield and quality of flax plant. African Journal of Agricultural Research 6(18): 4362-4369. https://doi.org/10.5897/AJAR11.1104.
6. Golan-Goldhirsh A., and Whitaker J.R. 1984. Effect of ascorbic acid, sodium bisulfite, and thiol compounds on mushroom polyphenol oxidase. Journal of Agricultural and Food Chemistry 32: 1003-1009.
7. Hendawy S.F., and Ezz EL-Din A.A. 2010. Growth and yield of Foeniculum vulgare var. azoricum as influensed by some vitamins and amino acids. Ozean Journal of Applied Science 3(1): 113-123.
8. Hosseini H., Farahmand H., and Saffari V. 2015. The effect of foliar application of ascorbic acid, thiamine and benzyl adenine on growth, flowering and some biochemical characteristics of marigold (*Tagetes erecta* L.). Journal of the Plant Production 38(2): 25-36.
9. Hosseini A., and Moradinezhad F. 2018. Effect of short-term high CO_2 treatment on quality and shelf life of button mushroom (*Agaricus bisporus*) at refrigerated storage. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 11: 37-48. 10.22077/jhpr.2018.1198.1006.
10. Jiang M., and Zhang J. 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative efence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiology 42: 1265-1275.
11. Ketelaere B.D., Scott Howarth M., Crezee L., Lammertyn J., Viaene K., Bulens K., and Baerdemaeker J.D. 2006. Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. Postharvest Biology and Technology 41: 275- 283. 10.1016/j.postharvbio.2006.04.008.
12. Khan Z.U., Aisikaer G., Khan R.U., Bu J., Jiang Z., Ni Z., and Ying T. 2014. Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus Bisporus*) during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology 95: 36-41. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.001.
13. Khan Z.U., Jiayin L., Khan N.M., Mou W., Li D., Wang Y., Feng S., Luo Z., Mao L., and Ying A. 2017. Suppression of cell wall degrading enzymes and their encoding genes in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) by $CaCl_2$ and citric acid. Plant Foods for Human Nutrition 72(1): 54-59.
14. Lei J., Li B., Zhang N., Yan R., Guan W., Brennan C., Gao H., and Peng B. 2018. Effects of UV-C treatment on browning and the expression of polyphenol oxidase (PPO) genes in different tissues of *Agaricus bisporus* during cold storage. Postharvest Biology and Technology 139: 99-105. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.022.
15. Li B., Ding Y., Tang X., Wang G., Wu S., Li X., and Tang X. 2019. Effect of l-arginine on maintaining storage quality of the white button mushroom (*Agaricus bisporus*). Food and Bioprocess Technology, 12(4): 563-574. 10.1007/s11947-018-2232-0
16. Lutts S., Kinet J.M., and Bouharmont J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. Journal of Experimental Botany 46: 1843-1852.
17. Munsch P., Johnstone K., and Alatossava T. 2002. Evidence for genotypic differences between the two siderovars of pseudomonas tolaasii, cause of brown blotch disease of the cultivated mushroom *Agaricus Bisporus*. Microbiological Research 157: 93-102. https://doi.org/10.1078/0944-5013-00141.
18. Naguib N.Y., and Khalil M.Y. 2002. Studies on the effect of dry yeast thiamine and biotin on the growth and chemical constituents of black cumin (*Nigella sativa* L.). Arab Universities Journal of Agricultural Sciences 10(3): 919-937.
19. Ramon Ros J., Rodriguez-Lopez J.N., and Garcia-Canovas F. 1993. Effect of Lascorbic acid on the monophenolase activity of tyrosinase. Biochemical Journal 295: 309-315.
20. Royse D.J., and Chalupa W. 2009. Effects of spawn, supplement and phase II compost additions and time of re-casing second break compost on mushroom (*Agaricus bisporus*) yield and biological efficiency. Bioresource Technology 100: 5277-5282. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.074.
21. Sapers G.M., and Simmons G.F. 1998. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. Food Technology 52: 48-52.
22. Simon A., González-Fandos E., and Vozquez M. 2010. Effect of washing with citric acid and packaging in

modified atmosphere on the sensory and microbiological quality of sliced mushrooms (*Agaricus bisporus*). Food Control 21: 851-856. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.11.012.

23. Singh R., and Si Singh Y. 2007. Advanced cultivation of edible fungi. Knowledgeable Publications, Rasht. (In Persian)
24. Singh R. 2010. Physiological and biochemical investigations for the cultivation of *Lentinus squarrosulus* (Mont.) Singer. Ph.D. Thesis. Punjabi University of Patiala, India.
25. Shaviv A. 2001. Advances in controlled-release fertilizers. Advances in Agronomy 71: 1-49.
26. Shivhare U.S., Arora S., Ahmed J., and Raghavan G.S.V. 2004. Moisture adsorption isotherms for mushroom. LWT- Food Science and Technology 37: 133-137.
27. Soltani Y., Saffari V.R., and MaghsoudiMoud A.A., 2014. Response of growth, flowering and some biochemical constituents of *Calendula officinalis* L. to foliar application of salicylic acid, ascorbic acid and thiamine. Ethno-Pharmaceutical products. Ethno-Pharmaceutical Products 1(1):37-44.
28. Steams P., and Shelton J.S. 2011. Comprehensive and illustrated guide to growing edible mushrooms. Jafarnia, S. and Daei, M. (Translators). Sokhan Gostar Publications, Mashhad. (In Persian)
29. Suttirak W., and Manurakchinakorn S. 2011. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. Walailak Journal of Science and Technology 7: 5-14. https://doi.org/10.2004/wjst.v7i1.47
30. Tavana M., and Dear M. 2011. Acquisition of technical knowledge for the production of Ganoderma medicinal fungi. Ferdowsi University of Mashhad Publications, Mashhad. (In Persian)
31. Toledo M.E.A., Ueda Y., Imahori Y., and Ayaki M. 2003. L-ascorbic acid metabolism in spinach (*Spinacia oleracea* L.) during postharvest storage in light and dark. Postharvest Biology and Technology 28: 47-58. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00121-7.
32. Tunc-Ozdemir M., Miller G., Song L., Kim J., Sodek A., Koussevitzky Sh., Misra A.N., Mittler R., and Shintani D. 2009. Thiamin confers enhanced tolerance to oxidative stress in *Arabidopsis*. Journal of Plant Physiology 151: 421-32. https://doi.org/10.1104/pp.109.140046.
33. Wen P.F., Chen J.Y., Kong W.F., Pan Q.H., Wan S.B., and Huang W.D. 2005. Salicylic acid induced the expression of phenylalanine ammonia-lyase gene in grape berry. Plant Science 169: 928- 938.
34. Yang S., Su X., Prasad K.N., Yang B., Cheng G., Chen Y., and Jiang Y. 2008. Oxidation and peroxidation of postharvest banana fruit during softening. Pakistan Journal of Botany 40: 2023-2032.
35. Youssef A.A., and Talaat I.M. 2003. Physiological response of rosemary plants to some vitamins. Egyptian Pharmaceutical Journal 14: 81-93.
36. Zhang L., Liu Z., Wang X., Dong S., Sun Y., and Zhao Z. 2019. The properties of chitosan/zein blend film and effect of film on quality of mushroom (*Agaricus bisporus*). Postharvest Biology and Technology 155: 47-58. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.05.013.